

Kirjallisuustarkastelu pidennetyn kiertoajan vaikutuksista

Timo Domisch ja Jari Hynynen
Luonnonvarakeskus

Tiivistelmä

Kiertoaika tarkoittaa metsikön yhden puusukupolven kasvatusajan pituutta, eli aikajaksoa metsikön uudistamishetkestä päätehakkuuseen. Puuston kasvaessa taimikosta varttuneeksi metsiköksi puiden kasvu aluksi voimistuu nopeasti, mutta ikääntyessä kasvu alkaa alenemaan ja puuston alttius erilaisille tuhoille kasvaa ja luonnonpoistuma lisääntyy. Metsän kiertoajan optimaalisen pituus riippuu siitä, millaisia tavoitteita metsänkasvatukselle asetetaan. Puuntuotannon näkökulmasta metsikön päätehakkuu on ajankohtainen silloin, kun puuston kasvu on hidastunut pienemmäksi kuin siihenastinen keskimääräinen kasvu. Taloudellisesti kannattavin kiertoaika on yleensä puuntuotannollista kiertoaikaa lyhyempi. Sen määrittäminen perustuu kiertoajan aikaisten nettotulojen nykyarvojen maksimointiin, jossa ratkaisevina tekijöinä ovat puun hinnat, metsätalouden kustannukset ja niiden ajankohdat, sekä metsänomistajan metsätaloudelle asettama tuottovaatimus. Metsien monimuotoisuuden näkökulmasta edellisiä pidemmillä kiertoajoilla voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä. Puuston vanhetessa metsiin syntyy enemmän lahoppuuta ja puiden koko kasvaa. Tällöin syntyy myös maisemahyötyjä, kun vuosittaiset uudistuspinta-alat vähenevät. Metsien hiilinielujen lisäämiseksi kiertoaikojen pidentäminen on arvioitu olevan yksi merkittävimmistä toimenpiteistä. Kiertoaikojen pidentämisellä on myös riskejä jotka on otettava huomioon. Varsinkin kuusikissa tuhoriskit nousevat merkittävästi puuston vanhetessa. Männiköissä maltillisen kiertoajan pidentämisen (10 – 20 vuodella) tuhoriskit ovat yleensä pienemmät.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa käsitellään pidennetyn kiertoajan vaikutuksia lähinnä metsien puuston kannalta. Siinä ei käsitellä maaperän hiilivarastoja, metsistä korjatun puun käytön ilmastovaikutuksia, eikä hiilikauppaan eikä mahdolliseen hiilensidonnan kannustimiin. Katsaus keskittyy lähinnä Suomessa ja pohjoismaissa julkaistuihin aiheita käsitteleviin tieteellisiin tutkimuksiin ja review-artikkeleihin.

Puuntuotos ja puuston rakenne

Kiertoajan pidentyessä puusto järeyytyy, ja sen biomassa kasvaa edelleen, vaikka vuotuinen kasvu olisi ohittanut maksimin. Samalla kuitupuun osuus vähenee ja tukkipuun osuus kasvaa, ja päätehakkuun hakkuumäärät kasvavat (mm. Vuokila & Väliaho 1980, Pohjola & Valsta 2007, Roberge ym. 2016). Mitä pidempi kiertoaika on, sitä enemmän saadaan isoja, läpimitaltaan yli 30 cm olevia puita (Vuokila & Väliaho 1980, Felton et al. 2017). Huomioitava on, että pidempien kiertoaikojen myötä puiden järeudet saattavat ylittävää selvästi keskimääräiset päätehakkuuleimikoiden järeudet, ja voivat olla sahoille liian suuria sahattaviksi.

Kiertoaikoja pidennettäessä teollisuuden puuntarjonta voi laskea, koska vuotuiset uudistushakkuut vähenevät. Onkin ilmeistä, että kiertoajan pidentäminen vaatii pitkäkestoista strategista suunnittelua, esim. päätöksiä myös harvennusten voimakkuuksista, niiden määrästä ja

ajoittamisesta (Roberge ym. 2016). On esitetty, että männyn tapauksessa hiilen varastojen lisäämiseksi kustannustehokkaampi tapa olisi kevyemmät ja myöhemmät harvennukset (Pohjola & Valsta 2007). Kuusella taas puuvarannon lisäämiseen vaikuttaa lähinnä kiertoajan pituus, koska harvennushakkuiden myöhentäminen ei käytännössä vaikuta kasvuun ja tilavuuteen yhtä paljon kuin männiköissä (Mäkinen & Isomäki 2004a, 2004b, Pohjola & Valsta 2007).

Tarkasteltuna pelkästään taloudellisesta näkökulmasta, metsiä kannattaisi käyttää biomassan tuotantoon, kuten pitkäikäisiin puutuotteisiin, mutta myös polttopuuhun (Kallio ym. 2013). Kokonaisuutta ajatellen metsiä kannattaisi ennemminkin kasvattaa hiilennieluina kuin korvata niillä fossiilisia polttoaineita (Kallio ym. 2013). On myös esitetty, että metsien kasvun lisääminen olisi parempi ja kestävämpi strategia kuin kiertoajan pidentäminen (Lundmark ym. 2018).

Kannattavuus

Kiertoajan pidentämisestä syntyy metsänomistajalle taloudellista tappiota, ja näin ollen kiertoajan pidentäminen ei ole taloudellisesti kannattavaa, vaikka se olisi muuten järkevä ja perusteltu (Hyytiäinen & Tahvonen 2002, Ekholm 2020). Kiertoajan pidentyessä kannattavuus laskee, koska maan odotusarvo laskee. Liski ym. (2001) arvioivat, että metsänomistajan tulot vähenisivät 10% jos männikön kiertoaika pitenisä 90:stä 120:een vuoteen, mutta mahdollinen kantohintojen nousu saattaa tätä hieman kompensoida. Korkokanta ja maan arvo vaikuttavat siihen, että kiertoaika on lyhyempi kuin mitä se olisi pelkästään puutuotannon maksimoimisen tapauksessa, ja nykykäytäntö on toisen suuntainen kuin mitä kiertoajan pidentäminen ilmastomielessä olisi (Lundmark 2018).

Metsänomistajien siirtyessä käyttämään nykyistä pidempiä kiertoaikoja, hakkuut ja puunmyynnit vähenisivät lyhyellä aikavälillä. Pitkällä aikavälillä kiertoaikojen pidentämisellä voi olla sekä hiilensidontaa että puuntarjontaa lisäävä vaikutus ja tuloksena voi olla ns. win-win tilanne, ja hakkuun logistiikka voi olla tehokkaampaa (Roberge 2016).

Kiertoajan pidentämisellä on saavutettavissa lisäyksiä metsien hiilivarantoihin, mutta kiertoajan pidentymisestä aiheutuvien puuntuotannon ja metsänomistajan tulojen vähenemiset tekevät tästä vaihtoehdosta taloudellisesti kuitenkin epäedullisemmän (Pohjola ym. 2006). Taloudellisessa mielessä moni asia kuitenkin riippuu harvennusten määrästä, ajoituksista ja voimakkuuksista (Roberge 2016).

Lundmark ym. (2018) esittivät, että suurin ilmastohyöty suhteessa maan odotusarvon laskemiseen toteutuu heikoimmilla kasvupaikoilla, missä maan odotusarvon aleneminen on absoluuttisesti selvästi vähäisempää kuin rehevillä kasvupaikoilla (Lundmark ym. 2018). Sen lisäksi he arvioivat, että suurimmat ilmastohyödyt Ruotsissa syntyisivät rehevän kasvupaikan kuusikossa, tosin myös lisäkustannukset ovat siinä suurimmat (kuva 1). Sen lisäksi myös tuhoriskit ovat kuusikoissa suurimmat. Maltillinen kiertoajan pidentäminen (esim. 10 vuotta) ei vielä merkittävästi vaikuta kannattavuuteen karun kasvupaikan kuusikossa, tosin ilmastohyötykin on vähäinen (Lundmark ym. 2018).

Kiertoajan pidentämisestä aiheutuvien puunmyyntitulojen alenemiset olivat kuusikoissa männiköitä vähäisempiä, ja näin ollen kuusikoissa hiilensidonnasta aiheutuvat kustannukset olivat alhaisempia

ja hiilinielujen lisääminen kiertoaikaa pidentämällä kustannustehokkaampaa ja kannattavampaa (Nerg 2009). Pitää kuitenkin muistaa, että varsinkin kuusikoissa tuhoriski kasvaa huomattavasti ajan myötä, ja näin pidennettyjä kiertoaikoja ei suositeltaisi kuusikoihin. Voidaan kuitenkin arvioida, että maltillisen kiertoajan pidentämisestä (10–20 vuotta) karujen kasvupaikkojen männiköissä ei synny merkittäviä haittoja.

Hiilensidonta ja hiilivarastot

Metsillä on suuri merkitys hiilen varastoiijina ja hiilennieluina. Nykyistä selvästi suuremmat metsien hiilivarastot lienevät mahdollisia, mutta seurauksena on suuremmat kustannukset ja edellyttäisivät hakkuiden vähentämistä (Ekholm 2020). Monet tutkimukset pidennetyistä kiertoajoista osoittavat, että boreaalisissa olosuhteissa nykyistä pidemmät kiertoajat lisäävät metsien hiilivarastoja (esim. Liski ym. 2001, Kaipainen ym. 2004, Roberge ym. 2016, Lundmark ym. 2018). Hiilen lisäys puustossa on selvä, ja lisäyksen määrä riippuu kokonaisuudessa siitä missä vaiheessa puuston kasvun kulminaatiopistettä päätehakkuu tapahtuu (Roberge 2016).

Jos metsiä kasvatetaan pitempään, niiden hiilensidonta lisääntyy, koska biomassaa kertyy enemmän ja näin ollen myös metsän hiilen kokonaismäärä on suurempi (esim. Kaipainen ym. 2004, Roberge ym. 2016). Kiertoajan pidentämisellä aikaansaadut hiilensidonnan vuotta kohti lasketut lisäykset ovat suuremmat kuusikoissa kuin männiköissä, eli ilmastohyöty on suurempi ja nopeampi kuusikoissa (Lundmark ym. 2018). Tämä johtuu siitä, että puuston kasvu on enemmän riippuvainen iästä kuusikossa kuin männikössä (Kaipainen ym. 2004). Lundmark ym. (2018) tutkimuksessa tarkasteltiin kiertoajan pidentämistä enintään 30 vuodella. Kuusikoissa ilmastohyöty oli sitä suurempi, mitä pidempi kiertoaika, ja mitä rehevämmästä kasvupaikasta kyse (Lundmark ym. 2018). Männyn tapauksessa hiilen varastojen lisäämiseksi kustannustehokkaampi tapa olisi kevyemmät ja myöhemmät harvennukset (Pohjola & Valsta 2007).

Ilmastovaikutukset kokonaisuudessaan riippuvat myös siitä, minkälaisia tuotteita puusta valmistetaan. Jos kiertoaika on suhteellisen lyhyt, poistetun puuston määrä ja koko on pienempi, ja sitä on enimmäkseen kuitupuuta, jolloin siitä voidaan valmistaa lähinnä lyhytikäisempiä tuotteita. (Kaipainen 2004). Jotta voitaisiin täysimääräisesti hyödyntää pidennettyjen kiertoaikojen hiilen lisäyksiä, keskimäärin vanhemmista ja isoimmista puista kannattaa valmistaa pitkäikäisiä tuotteita.

Monimuotoisuus ja ekosysteemipalvelut

Koskela ym. (2006) arvioivat, että pidennetystä kiertoajasta olisi tulossa tärkein työkalu pohjoismaisten boreaalisten metsien monimuotoisuuden edistämiseksi, muun muassa siksi, että pidennetyn kiertoajan tuloksena on metsiin jäävän kuolleen puuston lisääntyminen. Onkin todettu, että pidempi kiertoaika tuottaisi enemmän läpimitaltaan yli 10 cm kuollutta puuainesta (Felton ym. 2017). Lahopuun määrä toki riippuu myös siitä, miten paljon kiertoaikoja pidennettäisiin.

Riippuu paljolti eliölajeista, hyötyvätkö ne kiertoajan pidentämisestä. Roberge ym. (2016) arvioivat, että vanhojen metsien lajit, joista monet ovat uhanalaisia, tulisivat hyötymään. Pitää kuitenkin huomioida, että monet lajit tarvitsisivat niin vanhaa metsää, ettei sitä talousmetsissä tule esiintymään, eikä kiertoajan pidentämisellä tuotetuilla vanhemmilla metsillä ei ole samoja ominaisuuksia kuin varsinaisilla suojelualueilla (Roberge 2016).

Luonnonsukcession tuloksena boreaaliset metsät ovat mosaiikkia metsäpaloista ja pienaukoista ja eri-ikäisrakenne dominoi. Siinä mielessä kiertoajan pidentäminen olisi samansuuntainen luonnonsukcession kanssa, että esiintyisi myös vanhaa metsää (Roberge 2016). Jos siirryttäisiin laajamittaisesti pidennettyihin kiertoaikoihin, tulee maisematasolla olemaan vähemmän avohakkuuta ja nuoria metsiä, ja näin ollen aukeiden alueiden lajit saattavat kärsiä (Roberge 2016). Mustikka tulisi hyötymään pidennetystä kiertoajasta, varsinkin jos harvennukset lisääntyisivät. Myös ruokasienet, joista suurin osa on mykorrhizasieniä, hyötynevät, kun taas vaikutukset puolukkaan ei ole yhtä selvä (Roberge ym. 2016). Poro hyötynee, koska jäkälää haittaava aukko- ja nuoren metsän vaiheita olisi vähemmän, mutta tämä riippuu paljolti miten metsäiset ja avonaiset alueet sijoittuvat maisematasolla (Roberge 2016).

On arvioitu, että mitä pidempi kiertoaika ja mitä rehevämpi kasvupaikka, sitä enemmän olisi absoluuttisesti lehtipuuta (Felton ym. 2017) ja että metsän arvostus yleisesti nousee mitä isompi ja vanhempi puusto on kyseessä ja mitä vähemmän avohakkuuta ja hakkutähteitä. Hyrologiset vaikutukset, kuten pohjavedenlaatuun ja vesistöihin olisivat positiivisia, koska kiertoajan pidentyessä olisi vähemmän näihin vaikuttavaa häirintää (lähinnä päätehakkuu) (Roberge ym. 2016).

Yleisesti voidaan todeta, että vaikutukset puuntuotannon kannattavuuteen olisivat negatiiviset, ja vaikutukset säätelypalveluihin olisivat vaihtelevat (positiivisia hiilen sidontaan, mutta riippuvat puuntuotoksesta). Vaikutukset ylläpito- ja kulttuuripalveluihin olisivat positiiviset (Roberge ym. 2016)

Tuhot

Yleisesti pidemmät kiertoajat johtavat suurempiin tuhoriskeihin, ja tuhot taas vaikuttavat negatiivisesti hiilen varastoihin (Ekholm 2020). Varsinkin kuusikoissa nykyistä pidemmät kiertoajat lisäävät erilaisten tuhojen riskiä huomattavasti.

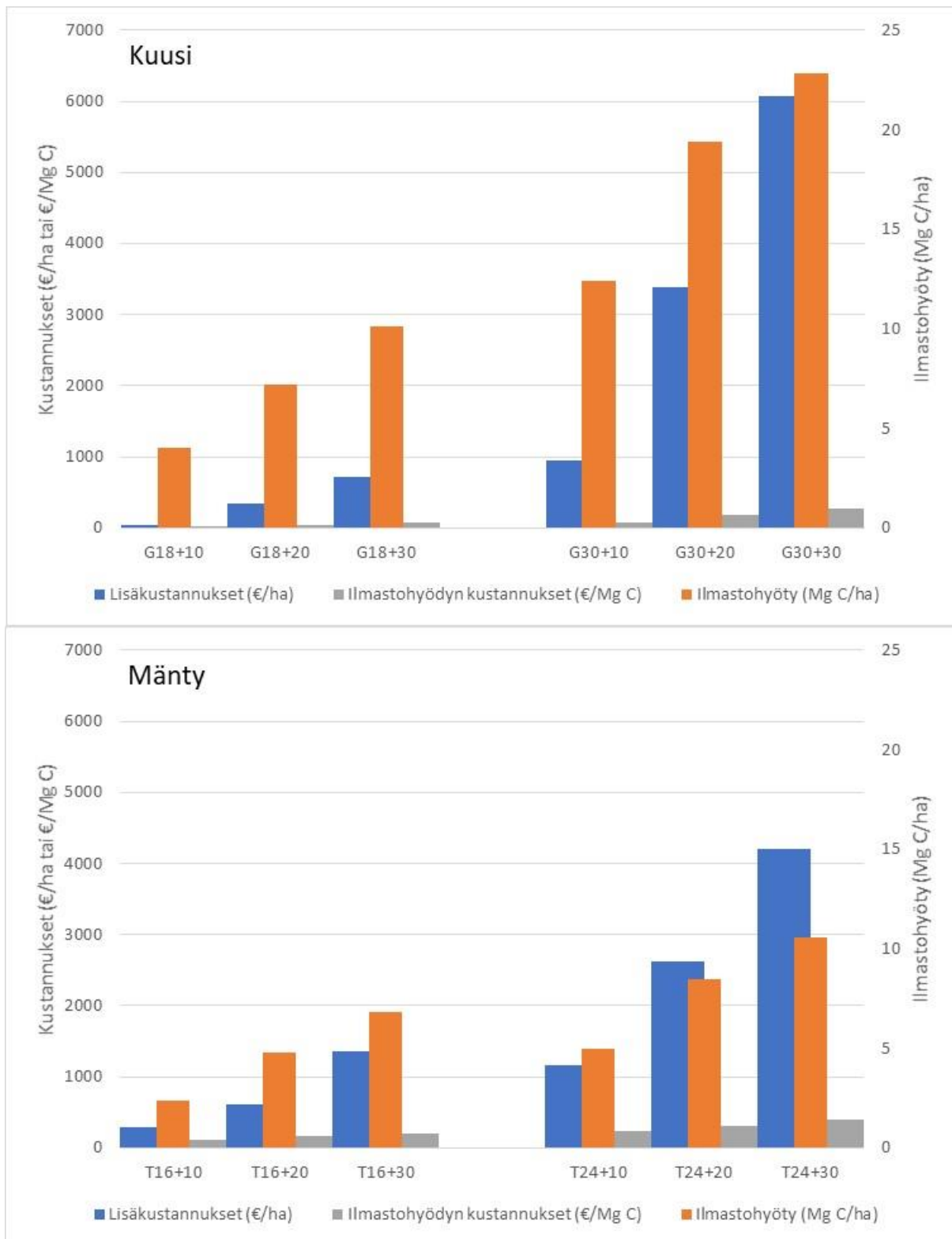
Nuorten puiden sienitaudit vähenevät (esim. versosurma), kun taas varttuneiden puiden taudit lisääntyvät (esim. juurikäpää) (Roberge ym. 2016). Vaikutukset hyönteistuhoihin vaihtelevat, ja riippuvat enemmän lajista ja olosuhteista (Roberge 2016). Tukkimiehintäin tuhojen arvioidaan vähenevän, kun taas kaarnakuoriaistuhot todennäköisesti lisääntyvät (jos ei poisteta kaatuneita/kuolevia puita) (Roberge ym. 2016). Hirvituhojen määrä riippuu nuorten metsien määrästä maisematasolla. Yleisesti hirvien aiheuttamat tuhot vähenisivät, mutta voisivat toisaalta keskittyä sitäkin enemmän sinne missä on nuoria metsiä, koska hirvieläimille on vähemmän ravintoa metsikön aukkovaiheiden vähetessä. Tällä voi olla myös vaikutuksia hirvitiheyteen (Roberge ym. 2016). Ilmastonmuutos lisäänee tuulituhoja, varsinkin vanhemmissa metsissä

harvennuksen jälkeen. Tässä harvennusten voimakkuudet ja ajoitukset ovat tärkeitä tekijöitä. Metsäpalojen riski on riippuvainen monista tekijöistä, ja kiertoajan pidentäminen vähentänee paloriskiä, koska potentiaalista palomateriaalia syntyy vähemmän ja harvemmin, ja sopivaa mikroilmastoakin on vähemmän (Roberge 2016).

Metsikön kiertoaikaa käsittelevää kirjallisuutta

- Curtis RO (1995) Extended rotations and culmination age of coast Douglas-fir: old studies speak to current issues. Forest Service Pacific Northwest Research Station, Research Paper 485.
- Ekholm T (2016) Optimal forest rotation age under efficient climate change mitigation. *Forest Policy and Economics* 62: 62–68
- Ekholm T (2020) Optimal forest rotation under carbon pricing and forest damage risk. *Forest Policy and Economics* 115: 102131,
- Felton A, Sonesson J, Nilsson U, Lämås T, Lundmark T, Nordin A, Ranius T & Roberge JM (2017) Varying rotation lengths in northern production forests: Implications for habitats provided by retention and production trees. *Ambio* 46: 324–334.
- Foley TG, Richter D, Galik SC (2009) Extending rotation age for carbon sequestration: a cross-protocol comparison of North American forest offsets. *For Ecol Manage* 259: 201–209.
- Hyytiäinen, K. & Tahvonen, O. (2002) Economics of Forest Thinnings and Rotation Periods for Finnish Conifer Cultures, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17:3, 274-288, DOI: 10.1080/028275802753742945
- Kaipainen T, Liski J, Pussinen A & Karjalainen T (2004) Managing carbon sinks by changing rotation length in European forests. *Environmental Science & Policy* 7: 205–219.
- Kallio AMI, Salminen O & Sievänen R (2013) Sequester or substitute—Consequences of increased production of wood based energy on the carbon balance in Finland. *Journal of Forest Economics* 19: 402–415.
- Kalliokoski T, Bäck J, Boy M, Kulmala M, Kuusinen N, Mäkelä A, Minkkinen K, Minunno F, Paasonen P, Peltoniemi M, Taipale D, Valsta L, Vanhatalo A, Zhou L, Zhou P & Berninger F (2020) Mitigation impact of different harvest scenarios of Finnish forests that account for albedo, aerosols and trade-offs of carbon sequestration and avoided emissions. *Frontiers in Forests and Global Change* 3 (562044).
- Koskela E, Ollikainen M & Pukkala T (2006) Biodiversity conservation in commercial boreal forestry: the optimal rotation age and retention tree volume. *Forest Science* 53: 443–452.
- Liski J, Pussinen A, Pingoud K, Mäkipää R & Karjalainen T (2001) Which rotation length is favourable to carbon sequestration? *Can J For Res* 31: 2004–2013.
- Lundmark T, Pudel BC, Stål G, Nordin A & Sonesson J (2018) Carbon balance in production forestry in relation to rotation length. *Can J For Res* 48: 672–678.

- Mäkinen, H., Isomäki, A. (2004a) Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. *Forest Ecology and Management* 201 (2-3): 311 – 325.
- Mäkinen, H., Isomäki, A., (2004b) Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry* 77 (4), 349–364.
- Nerg K (2009) Metsän kiertoajan vaikutus hiilensidontaan ja metsänkasvatuksen kannattavuuteen. Pro gradu-tutkielma. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Metsäekonomian laitos. 88 sivua.
- Pohjola J, Valsta L & Mononen J (2006) Metsät hiilinieluinä. Teoksessa: Valsta ym. Puu ilmastonmuutoksen hillitsijänä. Metsäekonomian laitoksen tutkimusraportteja 39, sivut 4–10.
- Pohjola J & Valsta L (2007) Carbon credits and management of Scots pine and Norway spruce stands in Finland. *Forest Policy and Economics* 9: 789–198.
- Pukkala T (2018) Carbon forestry is surprising. *Forest Ecosystems* 5:11
- Roberge JM, Laudon H, Björkman C, Ranius T, Sandström C, Felton A, Sténs A, Nordin A, Granström A, Widemo F, Bergh J, Sonesson J, Stenlid A & Lundmark T (2016) Socio-ecological implications of modifying rotation lengths in forestry. *Ambio* 45 (Suppl. 2): S109–S123.
- Roberge JM, Öhman K, Lämås T, Felton A, Ranius T, Lundmark T & Nordin A (2018) Modified forest rotation lengths: Long-term effects on landscape-scale habitat availability for specialized species. *Journal of Environmental Management* 210: 1–9.
- Salokannas J (2019) The effect of different forest management regimes on the ecosystem services and biodiversity of Finnish boreal forests. Master Thesis, University of Jyväskylä, 45 sivua.
- Sohngen B & Brown S (2006) Extending timber rotations: carbon and cost implications. *Climate Policy* 8: 435–451.
- Stokland JN (2021) Volume increment and carbon dynamics in boreal forest when extending the rotation length towards biologically old stands. *For Ecol Manage* 488: 119017.
- Triviño M, Juutinen A, Mazziotta A, Miettinen K, Podkopaev D, Reunanen P & Mönkkönen M (2015) Managing a boreal forest landscape for providing timber, storing and sequestering carbon. *Ecosystem Services* 14: 179–189.
- Vuokila, Y. & Väliäho, H. (1980) Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99 (2): 1–271.



Kuva 1. Pidennettyjen kiertoaikojen (+10, +20 ja +30 vuotta suhteessa nykykäytäntöön) vaikutukset lisäkustannuksiin, ilmastohyödyn kustannuksiin ja ilmastohyötyyn kahden boniteettiluokan kuusikossa ja männikössä Ruotsissa (kuusella G18 ja G30, männyllä T16 ja T24). Tiedot poimittu julkaisusta Lundmark ym. (2018).